

# Process for carrying out a load-dependent brake regulation of brakes on a vehicle having an anti-lock system

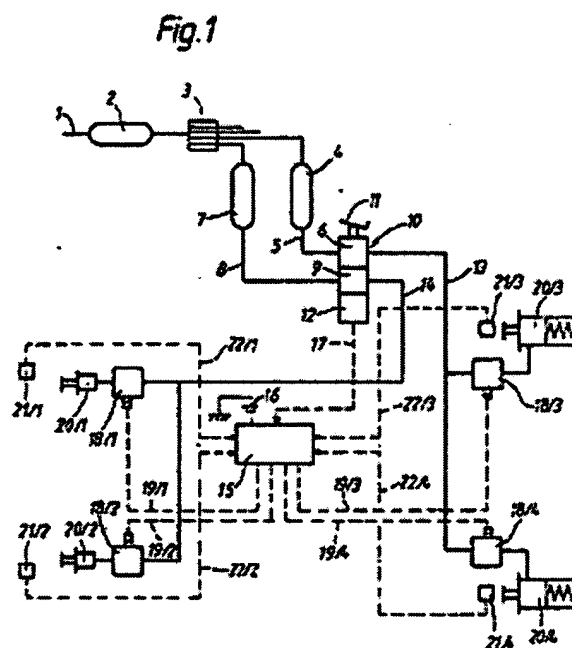
**Patent number:** DE3829951  
**Publication date:** 1990-03-15  
**Inventor:** TOEPFER BERNHARD DR ING (DE); REINER MICHAEL (DE)  
**Applicant:** DAIMLER BENZ AG (DE)  
**Classification:**  
 - international: B60T8/00; B60T8/18; B60T8/26; B60T8/32  
 - european: B60T8/00; B60T8/00B10F; B60T8/26D; B60T13/66  
**Application number:** DE19883829951 19880903  
**Priority number(s):** DE19883829951 19880903

Also published as:

EP0357983 (A2)  
 US5011236 (A1)  
 JP2109764 (A)  
 EP0357983 (A3)

Abstract not available for DE3829951  
 Abstract of corresponding document: **US5011236**

A process for load dependent braking regulations (ALB) utilizing components, signal paths and transmitters of an existing anti-lock braking system (ABS) to perform an automatically load-dependent braking function which takes effect well below the locking limit. The brake pressure and consequently the brake distribution are controlled by processing only wheel-speed differences as actual values of an electronic brake-pressure controller instead of absolute wheel slips. To compensate for changing load situations and roadway properties, the precontrollable brake-force distribution and the brake-pressure level control triggerable at the pedal are corrected in a self-learning and adaptive manner. The device for carrying out the ALB process consists essentially of a computer and software program using input from the ABS systems. The process according to the invention makes axle-load sensors superfluous.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①1 **DE 3829951 A1**

⑤1 Int. Cl. 5:  
**B 60 T 8/00**  
B 60 T 8/18  
B 60 T 8/32  
B 60 T 8/26

②1 Aktenzeichen: P 38 29 951.8  
②2 Anmeldetag: 3. 9. 88  
④3 Offenlegungstag: 15. 3. 90

DE 3829951 A1

⑦1 Anmelder:  
Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 7000 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Toepfer, Bernhard, Dr.-Ing., 7000 Stuttgart, DE;  
Reiner, Michael, 7012 Fellbach, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur lastabhängigen Regelung des Bremsdruckes an Fahrzeugen und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

Das Verfahren erlaubt, bewährte und robuste Komponenten, Signalwege und Geber eines vorhandenen Antiblockier-Bremssystems (ABS) auszunutzen, um damit eine weit unterhalb der Blockiergrenze wirkende automatisch lastabhängige Bremsfunktion zu realisieren. Dazu wird vorgeschlagen, dem Bremsdruck und damit die Bremsverteilung achsspezifisch auch weit unterhalb der Blockiergrenze zu regeln, indem statt absoluter Schlupfe nur Raddrehzahldifferenzen als Istwerte eines elektronischen Bremsdruckreglers verarbeitet werden. Zur Kompensation wechselnder Lastsituationen und Fahrbahneigenschaften wird die vorsteuerbare Bremskraftverteilung selbst gelernt und adaptiv nachgeführt. Dasselbe gilt für das am Pedal auslösbare Bremsdruckniveau. Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besteht im wesentlichen aus Komponenten wie von ABS-Systemen bekannt. Sie sind jedoch zur Erfüllung der automatisch lastabhängigen Bremsfunktion geeignet abgestimmt bzw. softwaremäßig erweitert. Das erfindungsgemäße Verfahren macht Achslastsensoren verzichtbar.

DE 3829951 A1

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Bremsung von Nutzfahrzeugen nach der Gattung des Hauptanspruchs.

In modernen konventionellen Nfz-Bremsanlagen wird zur bremsdynamisch optimalen Berücksichtigung großer Hinterachslast-Unterschiede zwischen leerem und beladenem Fahrzeug in der Regel eine automatisch lastabhängige Bremse (im folgenden mit ALB abgekürzt) vorgesehen.

Die Aufgabe solcher Systeme ist es — entsprechend der niedrigeren Achslast bei Teilbelastung — die Bremskräfte hauptsächlich an der Hinterachse, unter bestimmten Voraussetzungen aber auch an der Vorderachse, durch lastabhängige Reduktion des vom Bremspedal her eingesteuerten Bremsdruckes zu beeinflussen und damit primär der von überbremsten Hinterachsen herrührenden Schleudergefahr zu begegnen. Außerdem ist auch im Hinblick auf eine feinfühlig gestufte Bremsbetätigung eine Reduzierung des Bremsdruckniveaus bei Teilbelastungen erwünscht. Als ein Maß für die achslastgebende Eingangsgröße wird bei luftgefederten Fahrzeugen z.B. der Balgdruck, bei stahlgefederten Fahrzeugen in der Regel der — über ein Gestänge übertragene — Achseinfederweg oder das elektrische Signal eines einem Federlager vorgeschalteten, druck- oder zugempfindlichen elektronischen Lastgebers verwendet. Beispiele sind aus der DE-OS 37 11 175 bekannt.

Die mechanische Beeinflussung wenigstens eines achsspezifischen Bremsdruck-Regelventils ist anfällig gegen Beschädigungen im rauen Betrieb. Dazu ist nachteilig, daß entsprechende Bauelemente auch innerhalb einer Fahrzeugbaureihe in diversen und oft auch konstruktiv nicht einheitlichen Varianten erforderlich sind.

Eine auf ein Übertragungsgestänge sich abstützende Lasterfassung ist dazu ungenau (z.B. bei gemeinsamer Bremsdruckregelung der Achsgruppen von Fahrzeugen mit Vor- oder Nachlaufachsen oder bei harter Federung), und verursacht auch beträchtliche Kosten.

Es wurde bereits vorgeschlagen, die Bremsdrücke achsweise entsprechend dem absoluten Radschlupf zu regeln bzw. die Bremsdruckverteilung so einzuregulieren, daß sich bestimmte Radschlupfrelationen zwischen den Achsen einstellen. Solche Lösungen erwiesen sich jedoch als unbefriedigend, weil die Ermittlung der absoluten Radschlupfe im gebremsten Fahrzeug mangels einer zuverlässigen Referenzgeschwindigkeit ungebremster Räder allenfalls angenähert möglich ist und weil z.B. infolge Produktionsstreuungen der Reifen auch exakt ermittelte Schlupfe noch keine sichere Information über die tatsächliche Kraftschlußinanspruchnahme bieten.

Im Gegensatz dazu zielt die Erfindung darauf ab, bewährte und robuste Komponenten, Signalwege und Geber eines Vorhandenen Antiblockier-Bremssystems (im folgenden auch mit ABS abgekürzt) auszunutzen, und damit eine auch weit unterhalb der Blockiergrenze wirkende, automatisch lastabhängige Bremsfunktion zu realisieren. Dazu schlägt die Erfindung ein Verfahren vor, welches es erlaubt, den Bremsdruck und damit die Bremskraftverteilung wenigstens achsspezifisch auch weit unterhalb der Blockiergrenze zu regeln.

Mit einer solchen Regelung ist dann möglich, an der Vorderachse unabhängig von der Bremsdrucksteuerung an der Hinterachse auch höhere Bremsdrücke als bislang üblich einzusteuern. Durch entsprechende Erweiterung des Mikroprozessor-Programms des elektroni-

schen ABS-Reglers lassen sich die mechanischen (oder in elektropneumatischen Bremssystemen die zusätzlichen elektronischen) Rad- oder Achslastsensoren einsparen.

Das erfindungsgemäß vorgeschlagene Verfahren erlaubt somit eine erhebliche Vereinfachung und Zuverlässigkeitssteigerung eines lastadaptiven Bremssystems für Nutzfahrzeuge durch Minimierung der Zahl erforderlicher Signalgeber und ihrer notwendigen Verbindungen zu einem elektronischen Steuergerät.

Das erfindungsgemäße Verfahren und ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zu seiner Durchführung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 die wenigen fahrwerkseitig zu installierenden Bestandteile einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 ein Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Der Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist nachfolgend die Beschreibung der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorangestellt.

Gemäß Fig. 1 umfaßt sie Bestandteile, wie sie von hochwertigen elektronischen ABS-Systemen mit Zentralsteuerung und radnahen ABS-Ventilen an sich bereits bekannt sind. Systeme dieser Art verfügen mittels Raddrehbewegungssensoren über die Möglichkeit, mit in Abhängigkeit von Raddrehzahlen gesteuerten Radbremsdrücken das Blockieren einzelner Räder (bei Erreichen der von der Reibpaarung Reifen/Straße bestimmten Kraftschlußgrenze) dadurch zu verhindern, daß der Bremsdruck am entsprechenden Rad so lange reduziert oder zumindest nicht weiter gesteigert wird, wie die Blockiertendenz besteht.

Durch eine vom nicht gezeigten Luftkompressor kommende Speiseleitung 1 wird ein Vorratsbehälter 2 mit Druckmittel versorgt. Über ein Mehrwege-Sicherheitsventil 3 gelangt dieses in Untervorratsbehälter 4 und 7 einer Mehrzahl von Bremskreisen; diese Behälter sind hier beispielhaft einem Vorderachs- und Hinterachsbremskreis des Fahrzeugs zugeordnet. Über Versorgungsleitungen 5 und 8 strömt Druckmittel zu zwei Einzelsektionen 6 und 9 des Betriebsbremsventils 10, welches durch das Pedal 11 betätigt wird. Diesem Ventil oder Pedal zugeordnet ist ein elektrischer Druckaufnehmer bzw. ein Positions- oder Stellungsgeber 12; letzterer ist stellungsschlüssig mit dem Pedal 11 bzw. dem von ihm betätigten Ventilantrieb verbunden. Über ausgangsseitige Betriebsdruckleitungen 13 und 14 versorgen die Sektionen 6 und 9 des Betriebsbremsventils 10 achsnah installierte ABS-Ventile 18/1 und 18/2 bzw. 18/3 und 18/4 zweier verschiedener Achsen mit Druckmittel. Den Ventilen 18/1 und 18/2 bzw. 18/3 und 18/4 sind Bremszylinder 20/1 und 20/2 bzw. 20/3 und 20/4 beispielsweise einer Vorderbzw. Hinterachse des Fahrzeugs zugeordnet. Von einem elektronischen Zentralsteuergerät 15 werden die Ventile über entsprechende Steuerleitungen 19/1 bis 19/4 elektrisch angesteuert. Raddrehzahlsensoren 21/1 bis 21/4 nehmen die Drehzahlen der Räder kontinuierlich auf und geben über entsprechende Leitungen 22/1 bis 22/4 radspezifische Drehzahlsignale an das elektronische Zentralsteuergerät 15 ab, welches aus einem elektrischen Energiespeicher 16 gespeist wird.

Die Ventile 18/1 bis 18/4 sind analog zu ABS-Ventilen aufgebaut, wie sie bereits in herkömmlichen Druckluft-Betriebsbremsanlagen mit überlagertem elektronischem ABS Einsatz finden. Die Vorrichtung kann dies-

bezüglich aber auch mit robusteren Ausführungen mit höherer Standzeit ausgestattet sein, weil diese Ventile erfindungsgemäß in einem gegenüber dem relativ schmalen Blockiergrenzbereich erweiterten Aussteuerbereich als Betriebsbremsventile wirken und somit einer höheren Steuerauslastung unterworfen sind als rein ABS-genutzte Ventile.

Bei Ausbildung als herkömmliches, für übliche Funktionen abgestimmtes ABS-System könnte diese Vorrichtung die Funktion einer ALB nicht oder nur teilweise ersetzen. Ein herkömmliches ABS-System tritt nämlich mit der Wirkung einer lastabhängigen Bremse nur bei Extrembremsungen bzw. sehr ungünstigen und seltenen Straßenverhältnissen überhaupt in Aktion. In der Regel kann ein normales ABS im Bereich häufiger Anpassungsbremsungen mit Verzögerungen unterhalb  $2,5 \text{ m/s}^2$  die Bremskräfte dem Beladungszustand nicht anpassen.

Wesentlicher als eine zweckgerechte Modifikation der Ventile 18/1 bis 18/4 gegenüber solchen wie in herkömmlichen elektronischen ABS-Systemen üblich (Hardwaremodifikation) ist die softwaremäßige Modifikation eines herkömmlichen elektronisch wirkenden ABS-Systems durch Erweiterung um die verfahrensgemäße ALB-Routine. Diese ist als auf wenige Festwerte und Parameter sowie die Raddrehzahlen als Ist-Werte des ABS-Systems zugreifendes Zusatzprogramm in das oder mit dem eigentlichen ABS-Programm integriert. Dieses Zusatzprogramm enthält jedenfalls besondere Filterfunktionen und Glättungsalgorithmen für Raddrehzahldifferenzen mit niedriger Grenzfrequenz.

Das mit einer solchen Vorrichtung durchführbare Verfahren hilft der ALB-Unbrauchbarkeit eines herkömmlichen elektronischen Zentralsteuergerätes für ein ABS-System ab; es erschließt einem erfindungsgemäß modifizierten ABS eine ALB-Funktion selbst im Verzögerungsbereich unterhalb  $2,5 \text{ m/s}^2$  so, daß bislang übliche Zusatzkomponenten und Installationen am Fahrwerk zur Verwirklichung einer ALB-Funktion verzichtbar werden, ohne daß der wechsellastige Bremskomfort leidet. Erfindungsgemäß wird dazu auf die Ermittlung der absoluten Radschlupfe völlig verzichtet. Vielmehr wird für die Auswertung der von den Radsensoren gelieferten Raddrehzahlsignale jeweils die Überschreitung einer eher groben zwischenachsigen Raddrehzahldifferenz-Schwelle als Kriterium herangezogen, um bei einer nicht belastungsangepaßten Bremskraftverteilung eine Abregelung des Bremsdruckes an der betroffenen Achse auszulösen (z.B. durch Druckstufenmodulation).

Hierzu werden die Unterschiede der Raddrehzahlen bei Bremsung ermittelt und störende Einflüsse, wie etwa Offsetfehler aus unterschiedlichen Reifendurchmessern, durch Vergleich mit Raddrehzahlen während unbremster Fahrt mittels einer einfachen Software-Normalisierungsroutine kompensiert. Die entstörten Drehzahlunterschiede entsprechen dann in erster Näherung tatsächlichen Schlupfdifferenzen. Da die Reifenschlupf-Kennlinien aufgrund unterschiedlicher Reifeneigenschaften und unterschiedlicher Reifenauslastung Streuungen aufweisen können, wird erfindungsgemäß ein diese Streuungen berücksichtigender Grenzwert für zulässige Abweichungen der zwischenachsigen Raddrehzahlen bei Bremsung festgelegt. Solange dieser Grenzwert nicht überschritten wird, bleibt eine vorgegebene Bremsdruckverteilung unverändert; wird dieser Grenzwert überschritten, wird sie in die Überschreitung des Grenzwertes verringerndem Sinne nachgeführt. Wenn

dieser Grenzwert somit nur niedrig genug gewählt werden kann, dann wird auch weit unterhalb der Blockiergrenze eine Regelung der Bremskraftverteilung in einem Schlupfbereich möglich, in dem ein normales ABS völlig unwirksam ist. Erfindungsgemäß wird eine zwischenachsige Drehzahlabweichung im Bereich von 1% bis 7% als Grenzwert vorgeschlagen, um eine gut ansprechende und komfortable ALB-Funktion unter Mitverwendung eines ABS-Systems zu realisieren. Eine Drehzahlabweichung in dieser Größenordnung ist mit den heute schon serienmäßig in Antiblockier-Systemen verwendeten Raddrehzahlsensoren zuverlässig und kostengünstig erkennbar.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht weiter vor, zur Entlastung der Regeleinrichtung und zur Komfortverbesserung sich ständig wiederholende Regelzyklen anzahlmäßig dadurch zu minimieren, daß während jeder einzelnen Fahrt mit an sich unbekanntem Beladungszustand eine Abspeicherung erfaßter oder auf diese bestimmte Nutzlast bzw. Nutzlastverteilung bezogener Bremsdruckverteilungen  $P_{V(vorn)}/P_{H(hinten)}$  erfolgt, indem die so korrigierten bzw. auf neuem Stand gehaltenen Bremsdruckverteilungen  $\Phi$  den nachfolgenden Bremsungen als aktuelle Ausgangswerte zugrundegelegt werden (kontinuierliche Adaption der Bremsdruckverteilung).

Wegen der gegenüber einer reinen ABS-Funktion geänderten Zielsetzung und Regelcharakteristik ist als Ergänzung einer herkömmlichen elektronischen ABS-Steuerung in der Zentralelektronik 15 eine separate bzw. parallele Auswertung von Drehzahlsignalen für die ALB-Funktion zweckmäßig, da die ABS-Funktion für ein ausreichend schnelles Ansprechverhalten nur eine begrenzte Glättung bzw. Filterung zur Störfreiung dieser Signale erlaubt, die ALB-Funktion hingegen eine wesentlich niedrigere Grenzfrequenz der Filterung abzuspeichernder Werte erfordert, um auch bei unrunder oder an der Verschleißgrenze laufenden Reifen noch offsetarme Wertvorgaben und damit eine effektive Ausnutzung der ALB-Funktion und ein feinfühliges Ansprechen zu ermöglichen.

Um Störeinflüsse aus Drehzahlunterschieden z.B. bei gebremster Kurvenfahrt gering zu halten, wird in ähnlicher Weise parallel zur ABS-Funktion die Bildung achsweiser Mittelwerte der Drehzahlabweichungen als Eingangsgrößen der lastabhängigen Bremsdruckregelung im Bereich unterhalb der Blockiergrenze erfindungsgemäß vorgeschlagen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur raddrehzahlgestützten adaptiven Optimierung vorsteuerbarer zwischenachsiger Bremsdruckverteilungen kann softwaremäßig einfach erweitert werden durch Einbindung einer Adaption der Druckstufbarkeit. Die Stufbarkeit bestimmt die globale Ansprechauflösung am Bremspedal für die vom Fahrer abrufbare Sollverzögerung. Zusammen mit der ALB-Funktion bewirkt diese Erweiterung einerseits eine noch feinfühligere Handhabbarkeit des Fahrzeugs bis an die Kraftschlußgrenze zwischen Reifen und Straße und andererseits über der gesamten Standzeit der Bremsbeläge eine gleichförmige Unterdrückung der Bremsaggression, unabhängig vom Beladungszustand.

Die verfahrensgemäße Rechenroutine der Stufbarkeits- und Adhäsionsadaption ist in Fig. 2 als Flußdiagramm veranschaulicht.

Vor Fahrtbeginn sind in einem Bremsrechnerspeicher 25 in Registerzelle 26 der Wert Null, in Registerzelle 27 ein von Null verschiedener Startparameter  $k_0$  für das für eine bestimmte Bremsverzögerung pro Einheitspe-

dalauslenkung benötigte Druckniveau  $P$  (damit die Stufbarkeit bzw. Pedalauflösung beeinflussend), und in Registerzelle 28 ein von Null verschiedener Startparameter  $\Phi_0$  für die zwischenachsige Bremsdruckverteilung  $\Phi$  (damit die Adhäsion beeinflussend) abgelegt. Beginnend mit einem Initialisierungsschritt 29 wird bei Fahrtbeginn folgender Zyklus aktiviert und dann alle 10 bis 50 ms durchlaufen:

In einem Schritt 30 werden zunächst vordere und hintere Einzelraddrehzahlen  $N_{VR}$ ,  $N_{VL}$ ,  $N_{HR}$ ,  $N_{HL}$  fortlaufend gemessen und daraus achsweise Mittelwerte  $N_V$ ,  $N_H$ , ein absoluter Über-alles-Drehzahlmittelwert  $N_m$  sowie die Differenz Delta  $N = N_V - N_H$  der achsweise gemittelten Raddrehzahlen berechnet.

Im darauffolgenden Schritt 31 geschieht eine Abfrage, ob die Abbremsanforderung (Sollwertvorgabe entsprechend dem Fahrerwunsch)  $Z_s$  gleich Null ist. Ist dies der Fall (J), liegt keine Bremsanforderung vor, und die aktuellen Raddrehzahlen können als im wesentlichen nicht schlupfbehafte bewertet werden. Im somit ungebremsten Zustand wird dann nach statistischer Glättung bzw. Tiefpaßfilterung die aktuelle Differenz ( $N_V - N_H$ ) der achsgemittelten Raddrehzahlen als Delta  $N_u$  in Registerzelle 26 des Bremsrechnerspeichers 25 abgelegt und der Ausgangswert Null bzw. der jeweils darin gespeicherte Wert damit überschrieben; dieser Speicherwert repräsentiert somit den ungebremsten Drehzahloffset aufgrund abweichender Reifengrößen bzw. Abrollumfänge, abweichender Reifendrücke und somit auch differierender Abrollradien. Die erwähnte Glättung bzw. Filterung beseitigt Schwankungen ("Schlagen") des Wertes Delta  $N_u$  aufgrund unrunder Reifen etc., Kurvenfahrt und Antriebsschlupf.

Ergibt sich aus Schritt 31 eine von Null abweichende Bremsanforderung (Sollwertvorgabe durch den Fahrer), wird im Schritt 32 ein Sollbremsdruckniveau  $P$  aufgebaut, das dem Produkt aus Sollverzögerung  $Z_s$  und einem das Bremsdruckniveau  $P$  bestimmenden Faktor  $k$  entspricht. Aus diesem Sollbremsdruckniveau  $P$  wird durch entsprechend achsweise Ansteuerung der Radbremsventile nach Maßgabe des Druckverteilungsparameters  $\Phi$  ein Vorderachsbremsdruck  $P_V$  und ein Hinterachsbremsdruck  $P_H$  aufgebaut.

Analog zum vorherigen Schritt 31 im ungebremsten Zustand wird nun in Schritt 33 im gebremsten Zustand die zwischenachsige Drehzahldifferenz Delta  $N$  ermittelt. Von ihr wird der aktuell abgespeicherte Wert Delta  $N_u$  im davor ungebremsten Zustand abgezogen, woraus eine normalisierte, von Radeinflüssen entstellte Drehzahldifferenz Delta  $N_b$  folgt. Außerdem wird im nachfolgenden Schritt 34 der Mittelwert der Raddrehzahlen  $N_m$  differenziert; als Differentiationsergebnis wird die Abbremsung  $Z$  erhalten. Im folgenden sind nun Grenzwertprüfungen 37 und 35 bezüglich Delta  $N_b$  und  $Z$  zur adaptiven Korrektur der  $r$  Bremsdruckverteilung  $\Phi$  und des Bremsdruckniveaus  $P$  vorgesehen.

Der Schritt 35 dient der Adaption der Stufbarkeit der Bremsverzögerung am Pedal.

In diesem Schritt wird abgefragt, ob die Betragsabweichung von 1 der auf die aktuelle Sollverzögerung  $Z_s$  normierten Ist-Verzögerung  $Z$  größer als ein vorgegebener erster Grenzwert von z.B. 0,1 ist. Ist dies nicht der Fall, bleibt das (bei Fahrtbeginn bzw. Initialisierung durch den Startparameter  $k_0$ ) vorgegebene spezifische Bremsdruckniveau  $P$  erhalten, und der aktuelle Parameter  $k$  bleibt somit in Speicherzelle 27 gespeichert. Ist dies der Fall (J), erfolgt in Schritt 36 eine Erhöhung oder Erniedrigung von  $k$  um ein festes In-/Dekrement von

z.B. 10%. Zur Optimierung der Adaptionsschnelle sieht das Verfahren alternativ vor, die Größe dieser schrittweisen Änderung adaptiv zu wählen nach Maßgabe der Größe der die 0,1-Grenze übersteigenden Differenz. Der so modifizierte Parameter  $k$  wird dann (ggfs. nach statistischer Glättung bzw. Tiefpaßfilterung) dem vorherigen in Registerzelle 27 überschrieben und als aktualisierter Wert über einen symbolisch angedeuteten Pfad 43 als Vorsteuergröße dem ALB-Bremsregelkreis zugeführt.

Der Schritt 37 dient der Adaption der Adhäsion. In diesem Schritt wird abgefragt, ob die im Schritt 33 berechnete Abweichung der zwischenachsigen Drehzahldifferenz bei Bremsung  $N_b$  betragsmäßig größer als ein vorgegebener zweiter Grenzwert von z.B. 1,5% ist. Ist dies nicht der Fall, bleibt die (bei Fahrtbeginn bzw. Initialisierung durch den Startparameter  $\Phi_0$ ) vorgegebene spezifische Bremsdruckverteilung erhalten, und der aktuelle Parameter  $\Phi$  bleibt somit in Speicherzelle 28 gespeichert. Ist dies der Fall (J), erfolgt in Schritt 38 eine Erhöhung oder Erniedrigung von  $\Phi$  um z.B. ein festes In-/Dekrement von 5%. Zur Optimierung der Adaptionsschnelle sieht das Verfahren alternativ vor, die Größe dieser schrittweisen Änderung adaptiv zu wählen nach Maßgabe der Größe der 5%-Grenze übersteigenden Differenz. Der so modifizierte Parameter  $\Phi$  wird dann (ggfs. nach statistischer Glättung bzw. Tiefpaßfilterung) dem vorherigen in Registerzelle 28 überschrieben und als aktualisierter Wert über einen symbolisch angedeuteten Pfad 44 als Vorsteuergröße dem ALB-Bremsregelkreis zugeführt.

Die Reihenfolge der Abfragen 35 und 37 kann auch vertauscht werden. Nach Durchlaufen dieser Abfragen ist das Taktende 39 erreicht. Von ihm aus wird auf Anforderung des ALB-Bremsprogrammes der Taktbeginn 29 aufgerufen. Zwischen Taktende 39 und Taktbeginn 29 kann das Betriebsprogramm des elektronischen Zentralsteuergerätes eine feste (z.B. 20 bis 100 ms) oder aber in Abhängigkeit von der Bremshäufigkeit oder von der Häufigkeit von Grenzwertüberschreitungen variabel steuerbare Verzögerungszeit vorsehen, die jedenfalls größer als die Abarbeitungszeit des flußdiagrammgemäßen ALB-Programmes ist. Auf diese Weise kann das ALB-Programm einem ABS-Programm als Latent Task unterschoben werden, mit der Wirkung, daß in einer Gefahrensituation, die sofortige Ausnutzung des Grenzkraftschlusses an der Blockiergrenze und damit die ABS-Funktion sofort verlangt, nur mit geringer Wahrscheinlichkeit eine gerade laufende ALB-Routine abgebrochen werden muß. Auf diese Weise wird die Ansprechzeit der ABS-Funktion statistisch nur sehr gering und praktisch jedenfalls vernachlässigbar verlängert. Zudem wird durch die — die aktuellen Reibungsverhältnisse Reifen/Fahrbahn mit berücksichtigende — adhäsionsgerechte Bremskraftverteilung ein frühes Ansprechen der ABS-Funktion in wünschenswerter Weise verhindert. Auch diese Gesichtspunkte lassen den hohen Zugewinn an Funktionalität herkömmlicher ABS-Regelverfahren und -vorrichtungen erkennen, welche durch das erfindungsgemäße Verfahren der Verwirklichung einer ALB-Funktion im wesentlichen nur softwaremäßig, und gemäß Aufgabe der Erfindung — somit äußerst kostengünstig zu erweitern sind, weil die für die ABS-Funktion ohnehin erforderlichen Raddrehzahlgeber ausreichen, d.h. weitere Geber somit überflüssig sind.

Es sind noch Ladepfade 40, 41 und 42 vorgesehen, durch die das übergeordnete Betriebsprogramm des

elektronischen Zentralsteuergerätes 15 wenigstens einen der Inhalte der Speicherzellen 27, 28 und 26, d.h. den Parameter  $k$  oder  $\Phi$  oder den Echtzeitwert Delta  $N_u$ , bedingt ändern kann.

# Patentansprüche

1. Verfahren zur Durchführung einer lastabhängigen Regelung des Bremsdruckes an einem Nutzfahrzeug, wobei dieses mit einem an sich bekannten, elektrisch wirkenden Anti-Blockier-System (ABS) mit elektronischer Zentralsteuerung und achsnahen ABS-Bremsventilen ausgerüstet ist und bremsbaren Rädern zugeordnete Drehzahlgeber umfaßt, welche als Istwert-Geber (momentane Raddrehzahl) für eine ABS-Regelung dienen, welche bei einem Radbremsdruck nahe der Blockiergrenze wirksam ist, dadurch gekennzeichnet,
  - daß die zwischenachsige Bremsdruckverteilung ( $\Phi = P_{v(vorn)}/P_{h(hinten)}$ ) allein nach Maßgabe einer Auswertung der von den Raddrehzahlgebern gelieferten Raddrehzahlsignale in einem Schlupfbereich unterhalb des Bereiches, in dem die ABS-Funktion wirksam wird, automatisch geregelt wird, und
  - daß als Maßgabe für die automatische Regelung besagter Bremsdruckverteilung ( $\Phi$ ) allein die Überschreitung eines ersten vorgebbaren Bremswertes durch eine korrigierbare Differenz zwischenachsiger Raddrehzahlen bei Bremsung dient.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
  - daß die Korrektur der Differenz zwischenachsiger Raddrehzahlen bei Bremsung dadurch erfolgt, daß die vor dem Bremsvorgang ungebremst erfaßte zwischenachsige Raddrehzahldifferenz (Delta  $N_u$ ) als gespeicherter Wert von der bei Bremsung aktuell erfaßten zwischenachsigen Raddrehzahldifferenz (Delta  $N$ ) abgezogen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
  - daß die zwischenachsige Bremsdruckverteilung ( $\Phi$ ) von einem fahrzeugspezifisch und/oder ladungsspezifisch abgespeicherten Referenz- oder Startwert ( $\Phi_0$ ) ausgehend selbstlernend, d.h. adaptiv nachgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
  - daß die Nachführung der zwischenachsigen Bremsdruckverteilung ( $\Phi$ ) stufenweise um ein festliegendes In- bzw. Dekrement erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
  - daß besagtes In- bzw. Dekrement 2 bis 10% des des zuletzt erreichten Wertes für die zwischenachsige Bremsdruckverteilung ( $\Phi$ ) beträgt.
6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
  - daß die Nachführung der zwischenachsigen Bremsdruckverteilung ( $\Phi$ ) in Stufen erfolgt, deren Weite ausgehend von einem Minimalwert in Abhängigkeit von der Größe der Überschreitung des vorgebar festgelegten ersten Grenzwertes durch die korrigierbare Differenz zwischenachsiger Raddrehzahlen

- bei Bremsung gesteuert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
    - daß besagter erster Grenzwert zwischen 1 und 7% der achsgemittelten Raddrehzahl bei Bremsung liegt.
  8. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
    - daß ein gespeicherter Wert für die zwischenachsige Bremsdruckverteilung ( $\Phi$ ) wenigstens vorübergehend und wenigstens zur Anpassung an eine von einer Bezugslast sich charakteristisch unterscheidenden Last durch einen entsprechend anderen, zunächst nicht adaptierten Wert überschrieben bzw. ersetzt wird.
  9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
    - daß das Gesamtbremsdruckniveau ( $P$ ) über einen Bezugsfaktor ( $k = P/Z$ ) durch Auswertung der von den Raddrehzahlgebern gelieferten Raddrehzahlsignale in einem Schlupfbereich unterhalb des Bereiches, in dem die ABS-Funktion wirksam wird, automatisch geregelt wird, und
    - daß als Maßgabe für die automatische Regelung besagten Gesamtbremsdruckniveaus ( $P$ ) die Überschreitung eines zweiten vorgebbaren Grenzwertes durch den Betrag des um eins verminderten Quotienten aus Ist-Abbremsung ( $Z$ ) und Soll-Abbremsung ( $Z_s$ ) dient.
  10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Referenzgröße für die automatische Regelung des Gesamtdruckniveaus ( $P$ ) eine vom Bremspedal (11) bzw. Betriebsbremsventil (10) bezogene, den Sollruck gemäß Fahrerwunsch charakterisierende Größe ( $Z_s$ ) verarbeitet wird.
  11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,
    - daß ein Wert für die Soll-Abbremsung ( $Z_s$ ) in Abhängigkeit von der Stellung des Bremspedals vorgebar ist,
    - daß ein Wert für die Ist-Abbremsung ( $Z$ ) durch Differentiation der gemittelten Raddrehzahl bei Bremsung gewonnen wird,
    - daß eine Korrektur des Gesamtbremsdruckniveaus ( $P$ ) derart erfolgt, daß eine Änderung eines Faktors ( $k_0$ ) als Startwert für den Bezugsfaktor ( $k$ ) dann erfolgt, wenn die Differenz des Quotienten  $Z/Z_s$  vom Wert 1 einen Grenzwert überschreitet.
  12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,
    - daß der das Gesamtbremsdruckniveau ( $P$ ) bestimmende Faktor ( $k$ ) von einem fahrzeugspezifisch und/oder lastspezifisch abgespeicherten Referenz- oder Startwert ( $k_0$ ) ausgehend selbstlernend, d.h. adaptiv nachgeführt wird.
  13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,
    - daß die Nachführung des das Gesamtbremsdruckniveau ( $P$ ) bestimmenden Faktors ( $k$ ) stufenweise um ein festliegendes In- bzw. Dekrement erfolgt.
  14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,
    - daß besagtes In- bzw. Dekrement 5 bis 15%

- des zuletzt erreichten Wertes für  $(k)$  beträgt.
15. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, 5
- daß die Nachführung des das Gesamtbremsdruckniveau ( $P$ ) bestimmenden Faktors ( $k$ ) in Stufen erfolgt, deren Größe von der Größe der Überschreitung des vorgegebbar festgelegten zweiten Grenzwertes durch den Betrag des um eins verminderten Quotienten aus Ist-Abbremsung und Soll-Abbremsung abhängig 10 ist.
16. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, 15
- daß besagter zweiter Grenzwert zwischen 0,02 und 0,15 liegt.
17. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, 20
- daß ein gespeicherter Wert ( $k$ ) für das Gesamtbremsdruckniveau ( $P$ ) wenigstens vorübergehend und wenigstens zur Anpassung an eine von einer Bezugslast sich charakteristisch unterscheidenden Last durch einen entsprechend anderen, zunächst nicht adaptierten Wert überschrieben bzw. ersetzt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, 25
- daß die maßgebende Auswertung der Raddrehzahlen vor Differenzbildung eine achsweise Mittelung von Raddrehzahlen umfaßt.
19. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Speicherwert ( $k_0$ ) schon vor der ersten Bremsung aufgrund kodierter Informationen z.B. über mitgeführte Nutzlast oder Anhänger/Auflieger oder aufgrund weiterer Auswertungen der Raddrehzahlen in ungebremsten Zustand korrigiert wird. 30
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Anfangswerte für  $\Phi$  oder  $k$  aufgrund gespeicherter Daten des Fahrzeuges oder aus früheren Fahrten berechnet werden. 40
21. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, 45
- daß sie folgende Mittel umfaßt:
    - eine Druckmittelversorgungseinrichtung (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 13, 14) zur achsweisen Bereitstellung von Druckmittel mit einem pedalbetätigbaren (11) Betriebsbremsventil (10), über welches der Betriebsbremsdruck in wenigstens zwei Druckmittelkreisen mit radnahen Bremsmitteln vom Fahrer vorgegebbar ist, und welches ferner einen das vom Pedal vorgebbare Druckniveau charakterisierenden elektrischen Sensor (12) aufweist; 50
    - einzelnen Fahrzeugrädern zugeordnete Raddrehzahlgeber (21/1 bis 21/4), die mit dem Zentralsteuergerät über Leitungen (22/1 bis 22/4) verbunden sind; 55
    - ein elektronisches Zentralsteuergerät (15) mit ABS-Funktion und individuellen Empfangseingängen für Raddrehzahlsignale und ein das vom Betriebsbremsventil (10) einstellbare Bremsdruckniveau charakterisierendes Signal und mit Ausgängen zur Ansteuerung von einzelnen Fahrzeugrädern zugeordneten elektrischen ABS-Bremsventilen; 60

- elektrisch ansteuerbare ABS-Ventile (18/1 bis 18/4), die mit dem Zentralsteuergerät (15) über Leitungen (19/1 bis 19/4) verbunden und auch außerhalb des Radschlupfbereichs an der Blockiergrenze ansteuerbar sind, und
- daß das elektronische Zentralsteuergerät einen Rechner mit Wertespeicher enthält, wobei in diesem Rechner Raddrehzahldifferenzen und zeitliche Differentiale der Raddrehzahlen bildbar sind, die sowohl der ABS-Regelfunktion als auch der ALB-Regelfunktion als Eingangsgrößen dienen.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet,

- daß im Zentralsteuergerät (15) Raddrehzahldifferenzen für die ABS-Funktion und für die ALB-Funktion unterschiedlich filterbar bzw. mittelbar sind, und
- daß für die ALB-Funktion sowohl achsweise Mittelwerte als auch ein Gesamtmittelwert der Raddrehzahl und dessen zeitliche Ableitung bildbar sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



Fig. 1

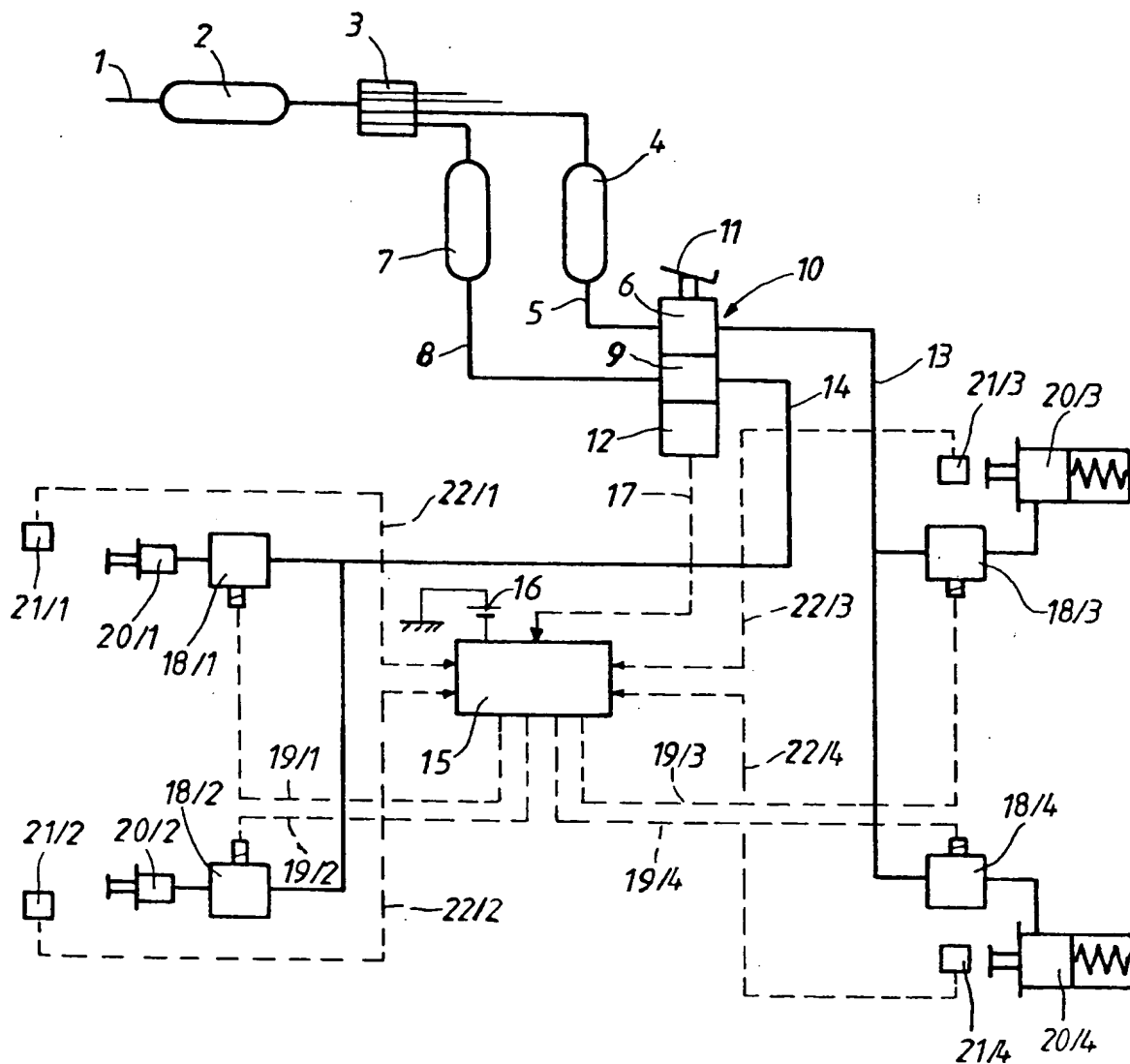


Fig. 2

